

Luftrensning til stalde.
Videreudvikling af biofiltre til
eksisterende staldanlæg med akutte
lugtproblemer.
– pilottest ved svinestald

Bjarne Langdahl Riis & Arne Grønkjær Hansen
Dansk Landbrugsrådgivning

Thomas Ladegaard Jensen
Dansk Svineproduktion

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	11
2 FORMÅL OG MÅL	13
3 PROJEKTETS GENNEMFØRELSE	14
3.1 OPBYGNING AF FLADEFILTER	14
3.2 ETABLERINGS- OG DRIFTSOMKOSTNINGER	18
3.3 VANDFORBRUG	18
3.4 NÆRINGSSTOFFER I AFLØBSVAND	18
3.5 ELFORBRUG	19
3.6 RENSNINGSEFFEKT PÅ LUGT - OLFAKTOMETRI	19
3.7 RENSNINGSEFFEKT PÅ LUGT - ENKELSTOFMÅLINGER & ON-SITE MÅLINGER	19
3.8 RENSNINGSEFFEKT PÅ AMMONIAK	20
3.9 MÅLING AF NO OG N ₂ O (LATTERGAS)	21
3.10 KVÆLSTOFBALANCE OVER BIOFILTRET	21
4 RESULTATER	22
4.1 DIMENSIONERING OG UDGIFTER TIL ETABLERING AF PILOTANLÆGGET	22
4.2 VANDFORBRUG	22
4.3 ELFORBRUG	23
4.4 NÆRINGSSTOFFER I AFLØBSVANDET	23
4.5 RENSNINGSEFFEKT PÅ LUGT - OLFAKTOMETRISKE MÅLINGER	24
4.6 RENSNINGSEFFEKT PÅ LUGT - ENKELTSTOFMÅLINGER OG ON-SITE MÅLINGER	25
4.7 RENSNINGSEFFEKT FOR AMMONIAK	27
4.8 PRODUKTION AF NO OG N ₂ O (LATTERGAS)	29
4.9 KVÆLSTOFBALANCE OVER BIOFILTRE	30
5 KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER	32
6 REFERENCER	35

Forord

Tekniske løsninger til reduktion af ammoniak og lugtstofemissioner fra husdyrproduktion er under stadig udvikling både nationalt og internationalt. Udviklingen sker omkring hele produktionskæden fra begrænsning af emission fra kilden som f.eks. foderoptimering og gyllehåndtering til rensning af afkastluften fra stalden for ammoniak og lugt.

Dette projekt har arbejdet med slutrensning, hvor biologisk rensning tidligere har vist lovende resultater, når rensning for både ammoniak og lugt er blevet betragtet samlet. Udgifterne til biologisk luftrensning har imidlertid været høje. I nærværende projekt har fokus været, at videreudvikle et biofilter koncept til eksisterende danske staldanlæg med akutte lugtproblemer. Målet er at skabe et koncept, der er økonomisk og miljømæssigt bæredygtigt for brugere af teknikken.

For at nå projektets mål blev der sammensat en projektgruppe bestående af F&U institutioner, virksomheder samt en landmand, der har fungeret som afprøvningsvært.

Projektets deltagere har været:

Svend Erik Fjeldbo, Svineproducent i Gangsted
Niels Erik Espersen, EXPONET
Knud Mortensen, LECA A/S
Frede Juhl, Varmodan A/S
Jürg Oldenburg, Agrofilter GmbH
Lars Peter Nielsen, Karen Sørensen, Århus Universitet
Anders Feilberg, Teknologisk Institut
Thomas Ladegård Jensen, Thomas Lund Sørensen, Dansk Svineproduktion
Arne Grønkjær Hansen, Helle Birk Domino, Bjarne Langdahl Riis, Dansk Landbrugsrådgivning,

Projektet er finansieret gennem Miljøstyrelsens program for Renere Teknologi samt medfinansiering fra projektets organisationer og virksomheder.

Sammenfatning og konklusioner

Biologisk luftreanseanlæg er under stadig udvikling. Formålet med dette projekt er at videreudvikle et biofilter koncept til eksisterende danske staldanlæg med akutte lugtproblemer. Målet er at skabe et koncept, der er økonomisk og teknisk bæredygtigt for brugerne, hvilket bl.a. indebærer fokus på følgende forhold:

- Mindre pladskrævende
- Færre omkostninger til drift og vedligeholdelse
- Bedre rensning for lugt (blandt andet metylsulfider og mercaptaner som hidtil har været vanskelige at fjerne i luftrensere)
- Undersøgelse af, om der udvikles lattergas i filtret under omsætning af ammoniak

For at imødekomme ønsket om en mindre pladskrævende enhed med minimal vedligeholdelse, og en effektiv rensning for ammoniak og lugtstoffer med minimal produktion af lattergas, blev der etableret et forsøgs-fladefilter i tilknytning til en slagtesvinesektion med stier indrettet med 2/3 fast gulv, 1/3 spaltegulv og gulvudsugning. Staldsektionen var indrettet med gulvudsugningskanaler under lejeområdet i hver side af stalden. Biofiltret blev tilsluttet udsugningskanalerne. Fra hver gulvudsugningskanal blev luften fordelt ud på to filtre. Der blev således etableret fire uafhængige filtre fra staldsektionen. Fælles for de fire filterkamre var, at de blev opbygget med et lag bioblokke placeret på et rionet, hvorefter der blev udlagt henholdsvis halm og flis på to filtre samt LECA på de to resterende.

Der har undervejs i forløbet være udskiftet og afprøvet forskellige løsninger på blandt andet befugtningen. Etableringen skal således samlet opfattes som en forsøgsopstilling, hvor de direkte etablerings- og driftsudgifter ikke kan relateres til det antal slagtesvin, der blev behandlet luft fra.

Lugtreduktionen i sommerperioden (med et nyt befugtningssystem) lå i gennemsnit på 68 % og 75 % for LECA filtrene, mens halmfiltrenes effekt lå på 76 % og 72 %. På baggrund af tidligere resultater og erfaringer fra rensninger i sommerperioder, er de opnåede rensgrader for lugt høje, og i en størrelsesorden, der indikerer et potentiale for lugtrekning med de afprøvede materialer.

Målinger med MIMS (Membrane Inlet Mass Spectrometry) viste, at der i LECA blev fjernet organiske sulfider, der notorisk har været svære at reducere i andre luftrensningssystemer inklusive halmfiltre på grund af disse stoffers lave opløselighed i vand.

Ammoniakkoncentrationen blev i sommerperioden (nyt befugtningssystem) reduceret med i gennemsnit for LECA filtrene henholdsvis 72 % og 45 %, mens halmfiltrenes effekt lå på 34 og 22 %. Filtrene med LECA som filtermatrix havde således en rimelig ammoniakreduktion, mens halmfiltrenes effektivitet var overraskende lav, og under det niveau, der tidligere er målt for halmfiltre.

Bioblokkene synes at have en gunstig effekt for rensningen af lugtstoffer. Effekten skyldes formodentlig, at luften fordeles bedre i filtrene, samt at der opnås en effekt gennem vandets fortætning på bioblokkenes overflader. På baggrund af den forholdsvis høje del etableringen af bioblokke udgør i det samlede budget, vil det være hensigtsmæssigt at overveje udeblivelse af disse i dette koncept. Dette skal også ses i sammenhæng med, at der i sammenligning med tidligere afprøvede halmfiltre (2) ikke opnås væsentligt forbedret effekt i halmfiltrene afprøvet i denne undersøgelse.

En effektiv befugtning af afkastluften fra stalden er vigtig for rensningseffekten for både ammoniak og lugtstoffer. Opbygning af et befugtningssystem med et vandtryk på 7-8 bar er ikke tilstrækkeligt til at opnå en effektiv befugtning af luften. Resultaterne har vist, at en optimal befugtning først kan opnås med et vandtryk på 40 – 50 bar, samtidig med etablering af dysser med fine forstøvningsegenskaber.

LECA er som materiale nemmere at håndtere og forventes mere holdbart end halm. På den baggrund er det derfor en løsning, der samlet giver mindre løbende vedligeholdelse. Erfaringer fra industrianlæg viser at LECA.let, som minimum kan holde i 4-5 år, mens erfaringerne viser at halmen skal udskiftes hvert år.

Undersøgelsen har vist, at der produceres biprodukter i form af lattergas og NO fra kvælstofomsætningen i filtret. Der blev estimeret (overslag) en produktion i filtret, der svarer til en procentvis emission af henholdsvis lattergas og NO i størrelsesorden 5,0 – 5,4 % og 1,5 – 1,9 % af den tilførte kvælstofmængde.

Den producerede mængde lattergas, der er estimeret fra filtret, svarer til en klimaeffekt på ca. 3 % af den klimaeffekt, der kan forventes fra produktionen af CO₂ fra svinestalden. Det skal påpeges at denne beregning er baseret på blot en trippelmåling, og bør således underbygges af væsentligt flere målinger. Dette har imidlertid ligget udenfor målet med denne undersøgelse.

Resultaterne fra vandanalyserne viser, at der findes en stor kvælstofmængde i det afløbsvand (rejectvand), der blev opsamlet under filtrene. Afløbsvandet kan derfor have en gødningsværdi, men der må forventes en hvis mængde afløbsvand til gylletanken

Den kvælstofmængde der ikke kan redegøres for i massebalance-beregningen findes formodentlig i filtermateriale. I halmfiltret vil dette kunne udnyttes ved at sprede materialet på marken, hvor det kan nedpløjes. Det vil være vanskeligere at udnytte den afsatte mængde kvælstof fra LECA.let, og der må således forventes et kvælstoftab ved bortskaffelse af LECA.let. Dog vil en del af LECA.let forventeligt kunne udnyttes som flydelag på gylletanken eller regenereres ved forbrænding. Sidstnævnte vil formodentlig være forbundet med dannelse af NO_x-gasser fra den afsatte kvælstof.

Filtrene vil kunne fungere som fladefiltre, og vil med den nuværende viden og med baggrund i tyske erfaringer (2) kunne markedsføres og etableres. Filtrene vil imidlertid stadig være plads- og arbejdskrævende, og der bør stadig arbejdes videre med konceptet hen mod løsninger, hvor LECA.let eventuelt indbygges som materiale i opretstående filtre.

Summary and conclusions

Biological air cleaning is under on going development. The aim of this project was further development of bio filters for existing Danish livestock facilities requiring immediate attention. The goal is to create a concept, which is economical sustainable for farmers, and with an additional focus upon the following aspects:

- Less requirement for construction space
- Less operation and maintenance costs
- Optimised efficiency for cleaning of odour (e.g. cleaning of metylsulfides and mercaptanes have traditionally been difficult to reduce)
- Analysis of N₂O and NO production from ammonia metabolism

In order to accommodate these aspects, a test plant was established in connection to a pig production facility. Several constructions were tested in the test plant during the project period e.g. the filter materials straw, LECA and Bioblock as well as different constructions of humidifiers. The filters were connected to the floor exhaustion and established as a four chamber unit, which separately were supplied with exhaust air from two pig production units. The construction was made of one layer of Bioblocks placed on a metal net. Subsequently, straw and LECA were established over the Bioblocks each in two chambers, respectively,.

As a consequence of continuous replacement of equipment during the project period, it has not been possible to relate the operation costs directly to the pig production and the subsequent production of exhausted air.

The reductions of odour over the LECA filters were measured to 68 % and 75 %, respectively, as an average during a summer period. The reductions of odour over the straw filters were 76 % and 72%, respectively. When compared to former studies the results showed high odour reductions indicating a potential for air cleaning using these materials.

Simultaneous measurements with MIMS (Membrane Inlet Mass Spectrometry) showed that especially LECA filters were able to reduce the emission of organic sulfides, which notoriously have been difficult to remove in air cleaning facilities including other types of straw filters.

The ammonia reduction over the LECA filters was measured to 72 % and 45 %, respectively, as an average during a summer period. The reduction of ammonia over the straw filters was 34 % and 22%, respectively. Obviously, LECA filters showed a higher ammonia reduction than the tested straw filters

The results from the project indicate that Bioblocks optimises air cleaning in respect to odour. The effect may be a result of better dispersion of air before entering the LECA and straw. Also, that cleaning is obtained during water condensing at the surfaces of the Bioblocks.

Results and experiences from the project showed that an efficient humidification of the exhausted air from the stable is an important factor to consider in relation to both an efficient reduction of ammonia and odour emission. The construction of a humidification system with a water pressure of 7-8 bar was not sufficient to obtain an optimal humidification of the air. Previous results have shown, that a pressure of 40 – 50 bar is necessary in connection to nozzles with small holes. These experiences were confirmed during this investigation.

With respect to stability and work load, LECA is easier to handle than straw, as well as a more stable material. Therefore LECA seems to be a solution that brings less workload.

During a summer period, a possible production of N_2O and NO from metabolism of ammonia in the filters were investigated. The results showed an emission of N_2O and NO corresponding to 5,0 – 5,4 % and 1,5 – 1,9 % of the total ammonia load.

The estimated N_2O produced from the filter corresponds to a global warming effect of 3% of what could be expected from the global warming effect from the CO_2 produced from the livestock facility. However, it should be pointed out, that these calculations are based upon only one triplet measurement, and that further measurements are needed in order to confirm this.

Analysis of the reject water showed a rather high amount of nitrogen indicating that a part of the nitrogen load can be collected and used as fertiliser. However, an amount of reject water to the manure tank must be expected.

The amount of nitrogen that could not be found in the mass balance calculation is presumably captured in the filter material. With respect to the straw filter, this nitrogen could be reused by spreading the straw on the fields. On the other hand, the nitrogen from the LECA.let filter would be difficult to reuse, and a nitrogen loss should be expected when the LECA.let is disposed. However, a part of the LECA.let is expected to be usable as cover on the manure storage tank or regenerated by combusting.

Overall the results of the project can lead to the conclusion that LECA seems to have a higher potential as filter material in comparison to straw. However, in order to use these filters, a further development of less area demanding filter is still recommended.

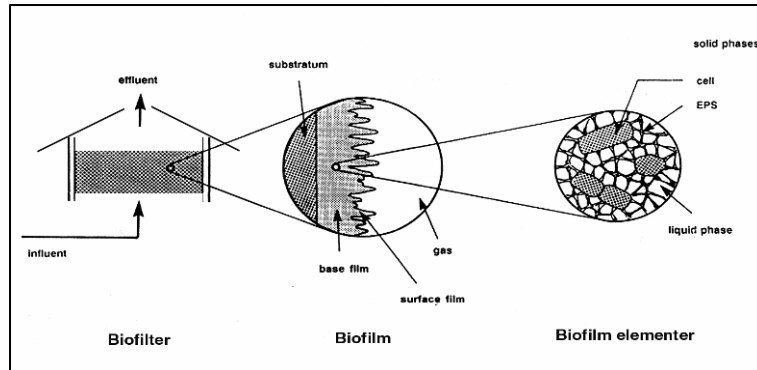
1 Indledning

Der arbejdes intensivt i landbrugets organisationer for at udvikle og dokumentere metoder og teknikker, der opfylder kravene om bæredygtighed for såvel erhverv som miljø. Et af de områder, der har været og stadig er stor fokus på, er emissioner af ammoniak og lugtstoffer fra husdyrproduktion. Arbejdet har koncentreret sig omkring hele produktionskæden fra begrænsning af emission fra kilden, som for eksempel foderoptimering og gyllehåndtering til slutrensning for ammoniak og lugt fra produktionens ventilationsafkast.

I slutrensning, som dette projekt har arbejdet med, har biologisk rensning tidligere vist nogle af de bedste resultater, når en rensning af både ammoniak og lugt samlet er blevet betragtet som en enhedsløsning.

Biologisk luftrensning er under stadig udvikling til både nuværende produktioner, og produktioner der er under etablering. Ved eksisterende husdyrproduktioner er der brug for løsninger, der kan indpasses ved de bestående bygninger, hvilket giver en række begrænsninger og praktiske problemer. Ved nybygninger kan slutrensningen derimod tænkes ind som en komponent i et samlet bygningskoncept. Det er imidlertid de samme biologiske processer, der ligger til grund for rensningskoncepterne, mens design, opsamling af rejectvand med videre, kan variere.

I biofiltre ledes luften igennem en filtermatrix, der kan bestå af forskellige former for organisk materiale, som for eksempel halm, kompost, træflis eller barkflis, samt mere blivende uorganiske materialer som for eksempel LECA'et (4-8 mm perler) (1 - 5). På overfladerne af materialet vokser de mikroorganismer, der omsætter lugtstoffer og ammoniak. Mikroorganismene vokser i såkaldte biofilm, der hovedsagligt består af vand (fig. 1.1). Biofilmen holdes blandt andet sammen af en række polymerer, der udskilles af mikroorganismene. Vand er essentielt for mikroorganismernes funktion, og er dermed en afgørende faktor for effekten af biofiltrene. Nogle filtre befugtes af regnvand, mens andre tilføres yderligere fugt via vandforstøvere i indgangsluften eller via ekstra overrisling med vand.



Figur 1.1 Biologisk Luftrensningsfilter. På bærematerialet (substratet) illustreres en biofilm. Biofilmen består af celler, vand og ekstracellulære polymerer (Wilderer & Characklis (1989)).

I et tidligere projekt blev et tysk koncept indenfor biologiske fladefiltre baseret på halm som filtermatrix afprøvet (1, 2). Dette projekt havde til formål, at få dokumenteret effekt og driftsforhold af halmfiltrene under danske forhold. Konklusionerne fra denne undersøgelse blev blandt andet:

- Det er muligt, at fjerne en stor mængde lugt og ammoniak fra afgangsluften.
- Halmfiltre, som er indrettet med befugning af luft før filtret, kan etableres og drives relativt billigt.
- Filtret er imidlertid plads- og arbejdskrævende, og er derudover opbygget af let forgængelige materialer, som må forventes at have en kort levetid.
- Biofiltre danner muligvis sekundære produkter som lattergas, der som en drivhusgas kan skabe et nyt problem.

Anbefalingen er efterfølgende, at teknikken vurderes at have et potentiale hos eksisterende husdyrproducenter, men der bør fokuseres på følgende forhold ved yderligere udvikling af konceptet:

- En mindre pladskrævende løsning
- Minimering af den løbende vedligeholdelse
- Bedre rensning for metylsulfider
- Undersøgelse af, om der udvikles biprodukter fra ammoniak omsætning

For om muligt at finde løsninger på disse forhold blev nærværende projekt efterfølgende igangsat.

2 Formål og mål

Formålet med projektet er at videreudvikle et biofilter koncept til eksisterende danske staldanlæg med akutte lugtproblemer. Målet er at skabe et koncept, der er økonomisk bæredygtigt for producenter samtidig med, at der fokuseres på at løse problemstillinger omkring pladskrav, vedligeholdelse, stabil renseeffektivitet samt belyse en eventuel produktion af uhensigtsmæssige biproduktion som lattergas og NO.

3 Projektets gennemførelse

3.1 Opbygning af fladefilter

Der blev etableret et forsøgs-fladefilter hos en svineproducent ved Hovedgård. Filtret blev tilsluttet gulvudsugningen og opbygget som et nedgravet 4-kammer filter, der enkeltvist blev tilført urensset ventilationsluft fra en slagtesvine-sektion. Luften fra staldsektionen blev fordelt til 2 x 2 filtre (fig. 3.1). Ca. 70 % af maksimal luftydelsen fra stalden blev udledt via gulvudsugning. Ved maksimal ydelse blev ca. 30 % af luften således udledt urensset via loftventilatorer.

For at opnå en begrænsning af arealet blev biofiltret dimensioneret efter en belastning på ca. 365 m^3 afkastluft per time per m^2 filteroverflade ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$). En belastning som er ca. 45 % større end det tidligere grundlag for dimensionering af halmfiltre ($250 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) (1).

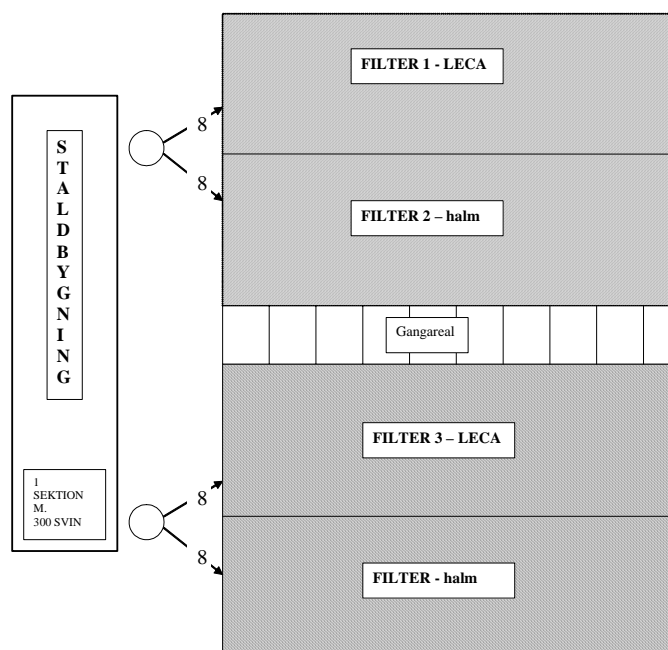


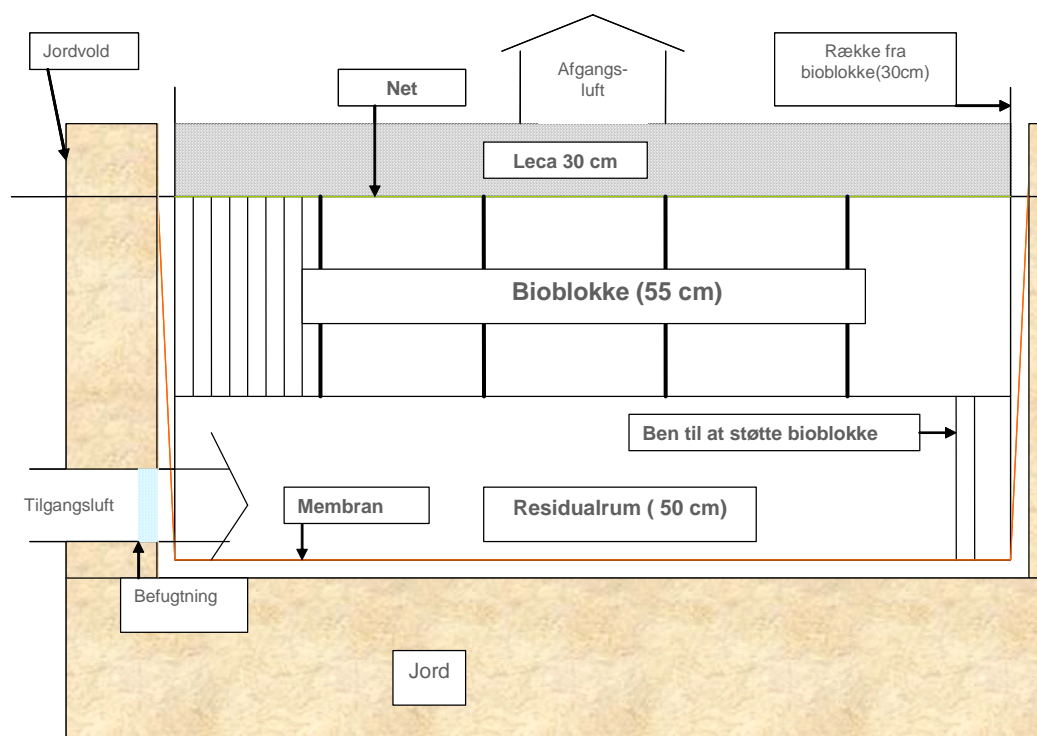
Fig. 3.1 Skematisk præsentation af forsøgsfilteret. "8" symboliserer ventilatorer.

Rammen på filtret blev opbygget af bioblokke, der blev anvendt til at understøtte en trækonstruktion med et overliggende rionet (fig. 3.2-3.7). Fælles for de fire filterkamre var, at de blev opbygget med et lag bioblokke placeret på rionettet, hvorefter der blev udlagt henholdsvis halm og flis eller LECA som filtermateriale ovenpå bioblokkene. Imellem bioblokkene og filtermaterialet blev der endvidere udlagt net, der havde til formål at forhindre LECA/halm i at falde ned gennem bioblokkene.

Formålet med biblokkene var dels at opnå en bedre fordeling af luften i filtermaterialet samt om muligt, at opnå en ekstra rensningseffekt i biblokkene.

Med konceptet blev der dermed opbygget 2 på hinanden følgende rensetrin i vertikal retning, hvor der blev afprøvet tre forskellige typer filtermateriale. Ved udvælgelsen af materialer blev der fokuseret på et materialevalg, der samtidig kunne imødekomme kravet om et minimalt modtryk på mindst muligt plads.

Staldluften blev ledt via den oprindelige gulvudsugning til hulrummet under biblokkene (figur 3.2). Hulrummets funktion er, via den store volumen, at opnå en ensartet fordeling, således at luftens passage gennem filtret kan ske så homogent som muligt.



Figur 3.2 Skematisk præsentation af biofil trets opbygning.

I luft tilgangen til filtret etableredes der et befugtningsystem, hvis ydelse blev reguleret efter ventilationsydelsen (se endvidere beskrivelse under "Vandforbrug"). I bunden af hulrummet blev der udlagt en vandtæt membran til opsamling af overskydende rejectvand. Rejectvandet blev løbende pumpet fra hulrummet til gyllekanalen i stalden via et kloaksystem etableret med en læsepumpe.



Figur 3.3 Opbygning af biofil tret.



Fig. 3.4 Viser opbygningen af fil trenes første rensetrin bestående af biobløkke.



Figur 3.5 Ilægning af LECA.



Figur 3.6 Ilægning af halm



Figur 3.7 Det færdige anlæg, hvor fil trenes andet rensetrin i form af halm + træflis samt LECA er etableret ovenpå bioblokkene.

Bioblokkene der blev anvendt var af typen BIO-BLOK® 0,55 x 200, der har en overflade på $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Bioblokkene blev leveret af EXPO-NET Danmark A/S. I to kamre blev der over bioblokkene udlagt et lag på ca. 30 cm LECA med en overflade på $600 \text{ m}^2/\text{m}^3$. LECA blev leveret af LECA A/S.

I de to resterende kamre blev der udlagt ca. 30 cm halm med et overfladelag på 2-3 cm træflis. For at opnå et ensartet og porøst materiale blev halmen rystet og udlagt på rionettet i en løs struktur. Efter udlægning af halmen blev træflisen udlagt, så den dækkede halmoverfladen. Træflisens funktion er blandt andet at holde på fugtigheden i halmen. Halmens overflade skønnes at være ca. 400 m^2 per m^3 halm.

Størrelsen på de fire kamre blev kontrolopmålt, og resultater for arealberegning og den beregnede belastning (ved max. belastning) er beskrevet i tabel 5.1. Den øgede belastning af filtret forventedes at kunne imødekomme en større løbende iltning af materialet, således at iltfrie områder

i filtret minimeres. En kraftig beluftning (iltning) vil minimere risikoen for anaerobe mikrobiologiske processer, der er ansvarlig for dannelse af for eksempel lattergas.

Tabel 3.1 De enkelte filterkamres størrelse

	Længde	Bredde	Areal	Max. Belastning
Filter nummer	Meter	Meter	Meter ²	m ³ /h/m ²
1	3,99	3,51	14,0	375
2	4,01	3,66	14,7	357
3	4,05	3,56	14,4	365
4	4,05	3,57	14,5	362

3.2 Etablerings- og driftsomkostninger

Etablerings- og driftsomkostninger for biofiltret blev estimeret for pilotanlægget.

3.3 Vandforbrug

Under forsøgets første fase (opbygning af Varmodan) blev der monteret vandur til registreringer på befugtningsanlægget. Befugtningsystemet blev leveret af Varmodan A/S, der etablerede et system der via dysser og et vandtryk på 7 – 8 bar befugtede luften.

Vandforbruget blev registreret i hele forsøgets første periode. Med undtagelse af nogle perioder med få dages driftsstop var befugtningsanlægget tilsluttet fra afprøvningens opstart i juni 2004 til december måned samme år. Fra december til afprøvningens afslutning i januar var der slukket for befugtningsanlægget.

På grund af manglende effekt på rensningen af ammoniak og lugtstoffer, blev der i foråret 2005 iværksat en videundersøgelse af befugtningsanlægget. Den indikerede, at befugtningen ikke fungerede, hvorefter anlægget blev udskiftet. Befugtningsystemet blev udskiftet i foråret 2005, med et system fra Agrofiter GmbH med specialdesignede dysser og et vandtryk på ca. 50 bar.

Efterfølgende blev der kun registreret produktion af lænsevand, og der blev lavet en massebalance for vandforbruget, beregnet ud fra en fastlagt indstilling af vandtilførslen.

3.4 Næringsstoffer i afløbsvand

I to forsøgsperioder i sommeren 2005 blev der opsamlet afløbsvand fra filtret. Mængden af afløbsvand blev målt efter 2 dages opsamling, mens udtagne prøver fra det opsamlede vand blev udtaget og sendt til analyse ved Eurofins Danmark A/S. De målte parametre var:

- Ledningsevne
- pH
- Nitrat-N

- Ammonium- + ammoniak-N
- Total-P (total fosfor)
- COD (organisk kulstof)

3.5 Elforbrug

Der blev etableret elmålere, der registrerede forbruget i hele forsøgsperioden.

3.6 Rensningseffekt på lugt - Olfaktometri

For at bestemme rensningseffekten over for lugt blev der udtaget luftprøver fra filterets tilgangs- og afgangsluft. Tilgangsluften blev udtaget i ventilationsrøret inden udgangen til filtret, mens prøven af den rensede luft blev udtaget under en presenning som dækkede hele filteret under opsamling af luftprøven.

I løbet af de 2 intensive måleperioder blev der opsamlet luftprøver til lugtanalyse i 30 liters Tedlar poser. Prøverne blev pr. post sendt til Slagteriernes Forskningsinstituts lugtlaboratorium til lugtanalyse den efterfølgende dag. Opsamlingen af luftprøverne blev foretaget efter Dansk Standard (6). Ifølge standarden stilles der ingen krav om, hvor hurtigt luftprøverne skal opsamles, men det blev valgt at fylde poserne med 1,0 liter pr. minut, det vil sige, at poserne blev fyldt i løbet af 30 minutter. Lugtkoncentrationen blev bestemt ved olfaktometermetoden ligeledes efter Dansk Standard (6).

I forbindelse med hver udtagning og analyse af lugtprøver blev følgende supplerende registreringer foretaget:

- Dato og klokkeslæt for start og slut for udtagning af prøve
- Antal og vægt af svin
- Kuldioxidkoncentration ude og inde med prøverør af fabrikatet Kitagawa type 126SF
- Ammoniakkoncentration ude og inde med prøverør af fabrikatet Kitagawa type 105SD
- Temperatur ude og inde, henholdsvis start og slut for udtagning af prøve
- Kuldioxidkoncentration i luftprøverne

Der blev udtaget lugtprøver hver 14. dag i måleperioderne. Perioderne var placeret henholdsvis vinter og sommer 2004-2005. Den rullende afprøvning, Dansk Svineproduktion, forestod opsamling af luftprøver, registreringer, indlevering til laboratorium og bearbejdning af data.

3.7 Rensningseffekt på lugt - enkeltstofmålinger & on-site målinger

Med henblik på et mere detaljeret indtryk af biofilterets evne til at fjerne specifikke kemiske forbindelser der bidrager til lugt (efterfølgende benævnt lugtstoffer), blev der udover olfaktometri anvendt analyser på enkeltstofniveau samt grupper af stoffer (MIMS-målinger). De anvendte metoder har været:

- 1) Laboratorieundersøgelser på enkeltstoffer udtaget henholdsvis før og efter filtret.
- 2) On-line monitoring af lugtreduktion for grupper af stoffer

For at kunne få et mål for biofiltrets evne til at fjerne specifikke lugtstoffer, blev rensningseffekten beregnet ud fra enkeltstofmålinger udført med GC/MS. Enkeltstofferne blev opsamlet på adsorptionsrør pakket med en kombination af Tenax TA™ og Carbograph 2TD™, og efterfølgende analyseret ved hjælp af termisk desorption kombineret med GC/MS.

Et MIMS-instrument blev opstillet ved filtrene i en kortere periode. Instrumentet var udstyret med en multikanalvælger, der gør det muligt at måle skiftevis på forskellige luftstrømme. Ved on-line målinger med MIMS blev der udvalgt 3 grupper af stoffer (reducerede organiske svovlforbindelser (ROS), organiske syrer og p-cresol (4-methylphenol), hvor rensningsgraden blev estimeret for henholdsvis LECA 1 og halmfilter 2 samt over bioblokkene (halm bund og LECA bund).

Målinger med GC-MS blev foretaget dels for at understøtte on-linemålingerne, dels for at måle på rensningseffekten på enkeltstofniveau.

For at kunne estimere rensningsgraden for biofiltret, blev der målt skiftevis før og efter filtret/bioblokkene. Endvidere blev baggrundsniveauet bestemt ud fra måling på baggrundsluft filtreret med aktivt kul. Heraf blev rensningsgraden bestemt som følger:

$$E(\%) = 1 - \frac{S_{AFK} - S_{BG}}{S_{TIL} - S_{BG}} \times 100$$

E er effektiviteten (fuldstændig fjernelse af et stof/signal svarer til 100 %), S_{TIL} er signalet i tilgangsluften, S_{AFK} er signalet i afkastluft eller luft, mens S_{BG} er baggrundssignalet. Beregningen er mulig, fordi det generelt er karakteristisk for MIMS, at der er en lineær sammenhæng mellem signal (respons) og koncentration.

Målinger af lugtstoffer med GC/MS og MIMS blev foretaget af Teknologisk Institut (7).

3.8 Rensningseffekt på Ammoniak

Ammoniak blev målt kontinuert i forsøgsperioden. Ved tilgangen til filteret (urensset luft) og ved afkast fra filteret, blev der monteret slanger til opsamling af luftprøver. Ved afgang fra filteret blev slanger monteret i måletelt, således at det undgås, at "falsk" udenomsluft trækkes ind til logning. Der anvendes FEP-slanger (Flourinated Ethylene Propylene Resin). På hver slange monteres en pumpe, der konstant suger luft til måleenheden.

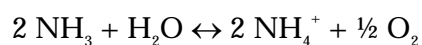
Målingerne blev foretaget med VengSystem via Dräger polytron sensor. Ammoniak koncentrationen i henholdsvis den urensede og den rensede luft, blev således opsamlet kontinuert for både ind- og udgangsluft, hvorefter rensningsgraden for ammoniak kunne beregnes.

Ammoniakkoncentration ude og inde blev endvidere målt med prøverør af fabrikatet Kitagawa type 105SD.

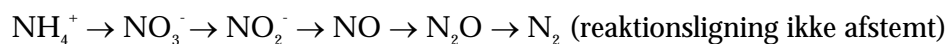
Målinger med VENG system og Kitagawe-rør blev foretaget af Dansk Svineproduktion

3.9 Måling af NO og N₂O (lattergas)

Rensning af ammoniak fra afkastluft forudsætter en indledende optagelse i en vandfase. I vandfasen indgår ammoniak i en kemisk ligevægt mellem ammoniak og ammonium:



Ammonium (NH₄⁺) kan efterfølgende omdannes mikrobielt i filtermaterialet til nitrat (NO₃⁻) ved ammonium oxidation (nitrifikation), og nitrat kan igen omdannes til frit kvælstof (N₂) gennem flere procestrin (denitrifikation):



Sidstnævnte proces foregår som skitseret i en række trin katalyseret af forskellige mikroorganismer. Stressfaktorer, som udtørring, ændringer i pH, høje nitratkoncentrationer med mere kan resultere i, at enkelte procestrin hæmmes, hvorved hele processen ikke forløber til frit kvælstof. Herved opstår risikoen for produktion af blandt andet lattergas (N₂O) og nitrogenoxid (NO).

Produktionen af NO og lattergas fra en mulig biologisk omsætning af ammoniak blev derfor målt i sommerperioden 2005. NO blev målt online (CLD: Chemi-Luminisens Detektor) med aflæsninger med 2 minutters intervaller, mens luftprøver blev opsamlet til analyser for lattergas i laboratoriet. Lattergas blev analyseret på to kolonner på gas chromatograf. Tallene for lattergas er angivet som et gennemsnit af tre prøver for hvert filter. Målingerne af lattergas og NO blev udført af Århus Universitet.

3.10 Kvælstofbalance over biofil tret

På baggrund af ammoniakmængden i luften fra stalden samt de mængder af kvælstofforbindelser, der blev registreret i henholdsvis afkastluft fra filtret og afløbsvandet, blev kvælstofbalancen over filtret estimeret. Det skal påpeges at denne beregning er forbundet med en række usikkerheder på bl.a. målinger, den reelle mængde af kvælstof lagret i filtret, og skal således betragtes om et groft overslag.

4 Resultater

4.1 Dimensionering og udgifter til etablering af pilotanlægget

Biofiltret blev dimensioneret efter en belastning på ca. 365 m³ afkastluft per time per m² filteroverflade (m³/h/m²), som svarer til rensning af 70 % afkastluft fra 300 slagtesvin ved maximal ventilation. Det etablerede filter havde et samlet areal på 57,60 m² (tabel 5.1), hvor anlægsudgiften til filtret er beskrevet i nedenstående tabel 4.2.

Den reelle belastning af filtret i sommer-/efterårsperioden 2005 lå fra 217 - 262 m³/h/m² (tabel 4.1), og altså i størrelsesorden 60 – 70 % af dimensioneringsgrundlaget.

Tabel 4.1 Målte arealer og beregnede belastninger i sommerperioden. Tallene er hentet fra prøvetagningsperioden

Filter nummer	Ventilation - middel m ³ /time	Beregnet belastning - middel m ³ /h/m ²
1	3422	244
2	3192	217
3	3771	262
4	3523	242

Tabel 4.2 Etableringsudgifter

Enhed	Bemærkning	Etableringsomkostning, kr.
Entreprenørarbejde	Inklusiv etablering af afløb	40.525,-
Montage af ventilation	Pris for ombygning af eksisterende ventilation	19.661,-
El-installationer	Måler, eltavler m.m.	24.257,-
Bioblokke	Inklusiv levering	85.598,-
Diverse smedearbejde	Etablering af vand m.m.	15.000,-
Membran		17.920,-
Befugtningsanlæg	Agrofilter GmbH	70.000,-
LECA	Inklusiv levering	3.000,-
Diverse		10.000,-
Total etableringsomkostning		275.961,-

4.2 Vandforbrug

Befugtningsanlæggets vandforbrug blev i første periode af forsøget dimensioneret til 14 l/time per filter ved maksimum ventilation, hvilket svarer til et forbrug på 0,0027 liter vand per m³ afkastluft. Ydelsen blev automatisk reguleret efter ventilationsydelsen.

I både vinter- og forårsperioden blev der ikke opnået den fornødne fugtighed af filtermaterialet, og videundersøgelsen understøttede, at den manglende befugtning skyldes af anlægget ikke fungerede. Det blev vurderet, at den manglende befugtning skyldtes et for lille vandtryk i kombination med dysser med for store dysseåbninger.

Det nye befugtningsanlæg blev dimensioneret efter en fast ydelse på 0,005 liter vand per m³ afkastluft, der omregnet svarer til ca. 1,1 m³ per produceret slagtesvin. Optagelse af vand i afkastluften blev endvidere estimeret ud fra temperaturgradienten mellem afkastluften og den befugtede indgangsluft til filtret. Optagelsen blev estimeret til mellem 0,002 og 0,003 liter vand per m³ afkastluft, svarende til at 40 til 60 % af det tilsatte vand blev optaget i afgangsluften.

Registrering af afløbsvand pumpet væk fra bunden til residualrummet blev i september 2005 registret til ca. 0,002 liter vand per m³ luft. Svarende til den mængde der ikke blev optaget i afkastluften, eller som blev afvasket fra filtermaterialet. Afløbsvandet blev under forsøget pumpet tilbage til gyllekanalen, og endte således som en ekstra mængde i landmandens gylletank. Ved anvendelse af det beskrevne biofilter, må der således forventes håndtering af en ekstra mængde gylle.

4.3 Elforbrug

På baggrund af de mange udskiftninger af udstyr undervejs i forløbet samt tilkobling af en række komponenter i relation til måleudstyr med mere, har det ikke været muligt at estimere et elforbrug, der svarer til forbruget af de driftsmæssige enheder i selve filtret.

4.4 Næringsstoffer i afløbsvandet

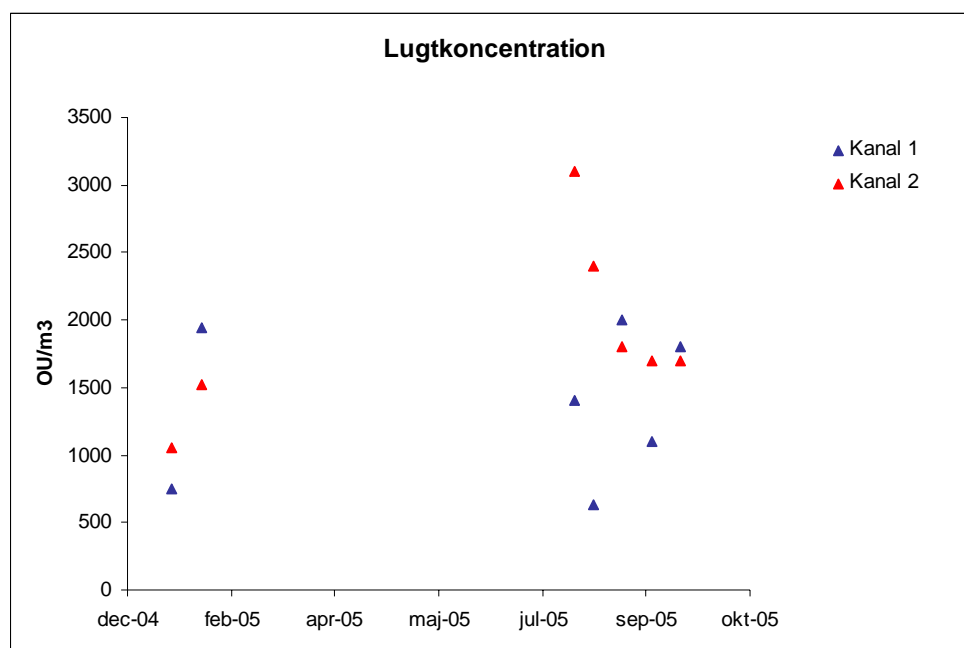
De kemiske parametre, der blev målt i afløbsvandet i forsøgsperioderne, er fremstillet skematisk i tabel 4.3.

Tabel 4.3 Resultater fra kemiske analyser af afløbsvandet.

Analyse	Lecafilter 1		Lecafilter 2		Halmfilter 1		Halmfilter 2	
	25. aug.	7. sept.	25. aug.	7. sept.	25. aug.	7. sept.	25. aug.	7. sept.
Ledningsevne, mS/m		140		130		160		230
pH	8	8,3	8,2	8,1	8,1	8,2	8,2	8
Nitrat-N, mg/l	26	21	6,5	40	6,1	130	6,2	7,4
Ammonium+ ammoniak-N, mg/l	120	95	88	74	62	110	98	150
Total-P, mg/l	0,15	3,4	0,19	3,1	0,1	3,6	0,17	4,4
COD (Cr), mg/l	120	85	130	87	76	75	130	160
Produktion af afløbsvand, l/døgn		260		185		200		205

4.5 Rensningseffekt på lugt - Olfaktometriske målinger

Lugtkoncentrationen fra stalden blev registreret i intervallet fra 754 - 1939 OU_E/m^3 (Odour Units = Lugtenheder) i vinterperioden, mens lugtkoncentrationen i sommerperioden var i intervallet fra 630 - 3100 OU_E/m^3 (fig. 4.1).

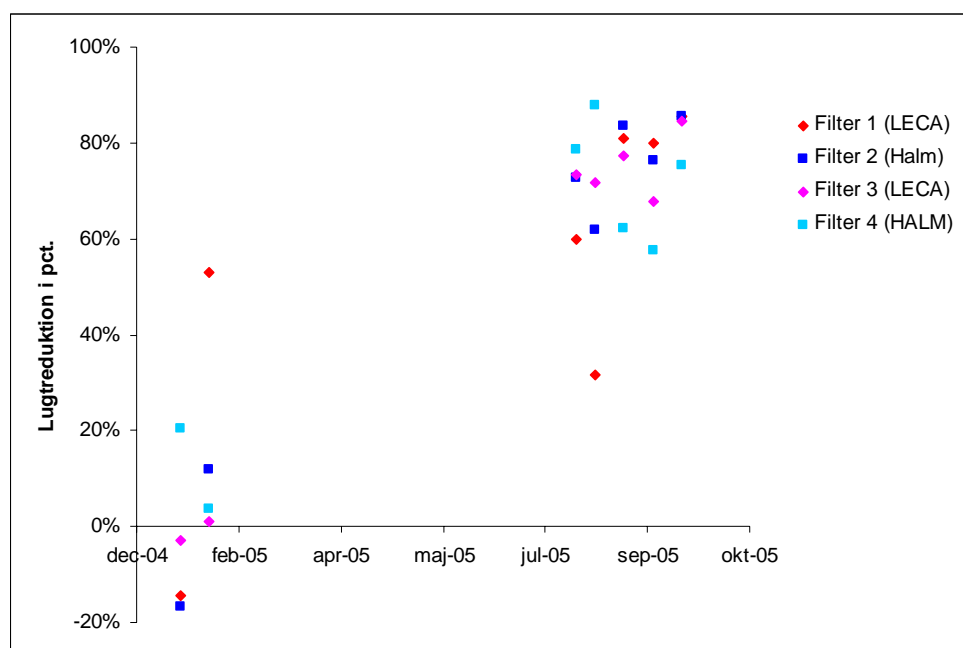


Figur 4.1 Lugtkoncentrationer i afkastluften fra stalden (før fil tret) i hele forsøgsperioden. Kanal 1 og 2 (tilgangskanalen) er stedet for prøveudtagningen.

Tabel 4.4 De gennemsnitlige lugtreduktioner for de enkelte filterenheder. Opgørelsen er foretaget over målingerne i sommerperioden (august – september).

Filterenhed	Gennemsnitlig rensningseffekt	95 % konfidensinterval
LECA filter 1.	68	54-81
Halm filter 2.	76	62-90
LECA filter 3	75	61-89
Halm filter 4	72	59-86

Som det fremgår af tabel 4.4 og figur 4.1 var der ingen væsentlig forskel i lugtreduktionen for LECA og halmfiltre i sommerperioden. På baggrund af tidligere resultater og erfaringer fra andre biofiltre, er de opnåede rensningsgrader særdeles høje, og i en størrelsesorden, der indikerer et potentiale for lugtrensning med de afprøvede materialer.



Figur 4.2. Rensningseffekten på lugt for de to typer filtre under henholdsvis en vinter og en sommerperiode.

Der var ingen eller ringe rensning i vinter måleperioden, hvilket tilskrives en manglende effektiv befugtning. Tidligere anbefalinger af halmfiltre har vist, at befugtning ikke burde være nødvendig i vinterperioden. Resultaterne i denne undersøgelse indikerer nødvendigheden af en effektiv befugtning - også i vinterperioden, med den type konstruktion der blev etableret i nærværende projekt. Dette skyldes antageligt, at luftbelastningen var forøget i forhold til det tidligere afprøvede filter fra Agrofilter GmbH, og at den øgede belastning var årsag til, at filtret tørrede ud - selv om vinteren. En øget belastning af filtret, og dermed en mindre pladskrævende enhed betyder således, at der i stedet må forventes en større udgift til vanding.

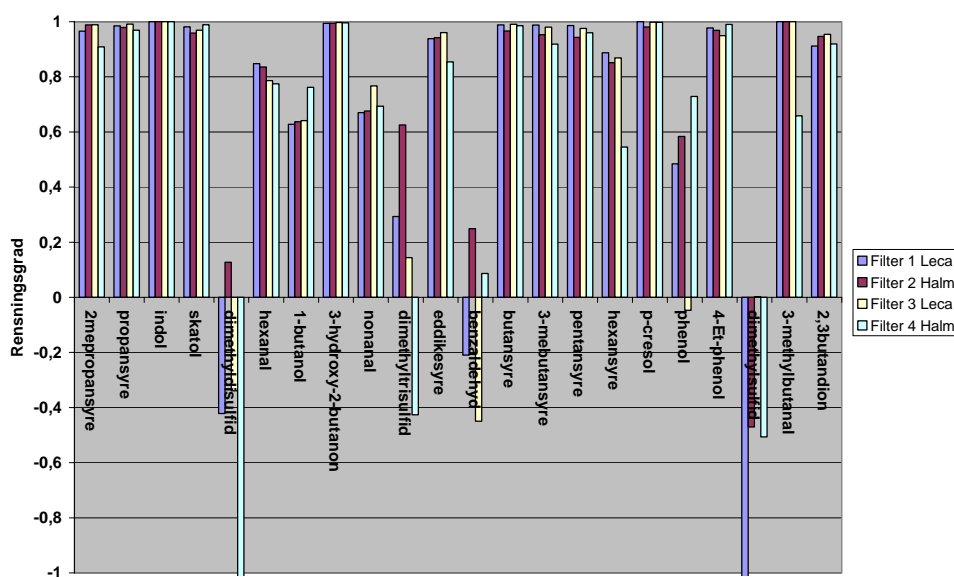
4.6 Rensningseffekt på lugt – enkelt stofmålinger og on-site målinger

I det følgende er kun omtalt målinger af lugtstoffer fra august 2005, idet målinger fra vinterperioden 2004/2005 ikke vurderes at være relevante,

eftersom filtrenes befugtning, som omtalt ovenfor, ikke fungerede tilfredsstillende i denne periode.

For at kunne få et mål for biofiltrets evne til at fjerne enkelte kemiske stoffer der bidrager til lugt, blev rensningseffekten beregnet ud fra målinger udført med GCMS på specifikke lugtstoffer (figur 4.3).

Som det fremgår af figuren har begge filtertyper en effektiv rensning for de fleste lugtstoffer (op mod 100 %), mens enkelte stoffer tilsyneladende renses med en noget ringere effekt. Specifikt kan nævnes stofferne dimethylsulfid, dimethyldisulfid, dimethyltrisulfid og benzaldehyd. De negative rensesgrader for disse stoffer kan indikere, at forbindelserne dannes i filtret, eller at der eksisterer et måleteknisk problem for de omtalte stoffer. Sidstnævnte understøttes af de supplerende målinger, der blev foretaget med MIMS (figur 4.3).



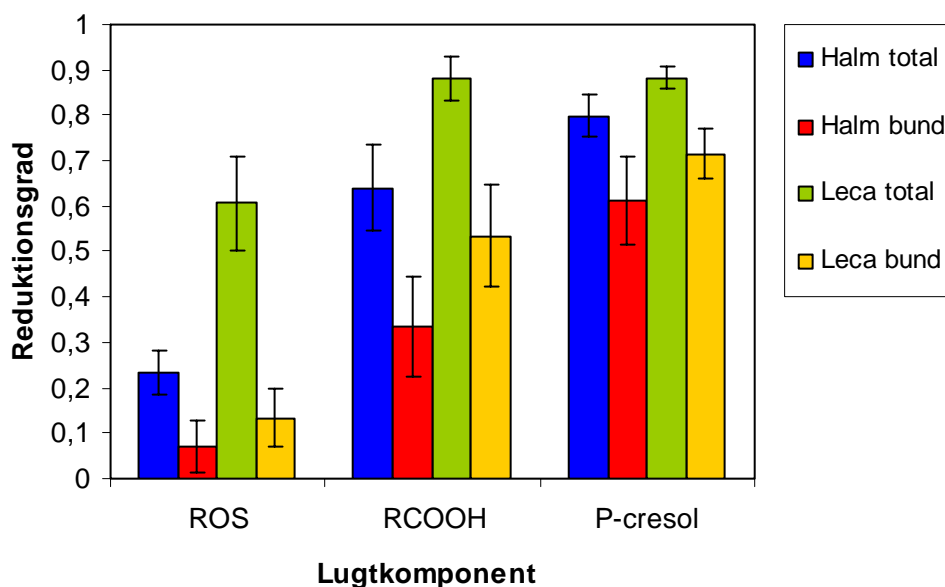
Figur 4.3. Rensningsgrader for enkeltstoffer i biofiltrets fire kamre. Y-aksens skala viser rensesgraden og skal ganges med 100 for at få procenten. En rensningsgrad på 1 svarer således til 100 %. Prøverne er udtaget den 24. august 2005.

Renseeffekterne for de udvalgte stofgrupper (MIMS-målinger, figur 4.4), organiske sulfider, organiske syrer og paracresol lå i alle tilfælde højt for LECA. Renseprocenterne for LECA lå på 61 % for førstnævnte gruppe (organiske sulfider), mens den for halm lå tæt på 23 %. Fra bioblokkene alene kunne der registreres en reduktion i organiske sulfider på 10 % og 7 % for henholdsvis LECA og halmfiltret.

De tilsvarende resultater for organiske syrer lå på 88 %, 64 % samt 54 % og 34 % for henholdsvis LECA (figur 4.4), halmfiltret og bioblokkene i LECA og halmfiltret. Endelig var reduktionerne for p-cresol på 88 %, 80 % samt 71 % og 61 % henholdsvis LECA, halmfiltret og bioblokkene i LECA og halmfiltret.

De opnåede resultater tyder på, at LECA var den mest effektive filtermatrix. Det er specielt bemærkelsesværdigt, at der blev registreret relativt høj rensningseffektivitet for organiske sulfider (61 %) i LECA-filtrene (figur 4.4), idet disse forbindelser generelt er svære at reducere i andre filtertyper på grund af deres ringe vandopløselighed (2).

Det er også værd at bemærke, at der registreres en betydelig reduktion af de udvalgte stofgrupper i biblokkene alene. Det hænger formodentlig sammen med at biblokkene, udover at fungere til en bedre fordeling af luften, også fungerer som dråbefang. De vandopløselige lugtstoffer der optages i vanddråberne allerede omkring befugtningen afsættes dermed i biblokken. Ud fra datamaterialet er det imidlertid ikke muligt at sige, om der også sker en decideret biologisk omsætning i biblokkene.

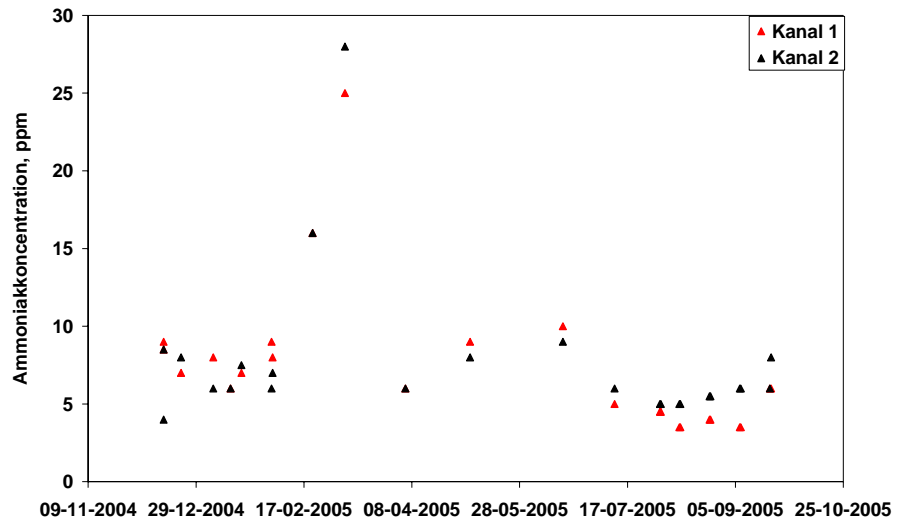


Figur 4.4 Målinger på grupper af lugtstoffer: ROS, organiske sulfidforbindelser; RCOOH, organiske syrer; P-cresol: paracresol. Resultaterne er vist som et gennemsnit (+/- 1 SD) af målinger opnået den 24. august 2005.

Konklusionerne på de kemiske målinger af lugtstoffer er baseret på et forholdsvis begrænset datamateriale.

4.7 Rensningseffekt for ammoniak

Ammoniakkoncentrationen i afkastluften var i hele forsøgsperioden relativt lav trods gulvudsugning. Den største koncentration blev målt i vinterperioden (fig. 4.5). På grund af de lave koncentrationer i staldluften, har det ikke været muligt at anvende kontinuerte målinger til at beregne ammoniakreduktionen over filtret, idet målingerne viste sig at være forbundet med usikkerhed ved de lavere koncentrationer efter luftens gennemgang i filtret.

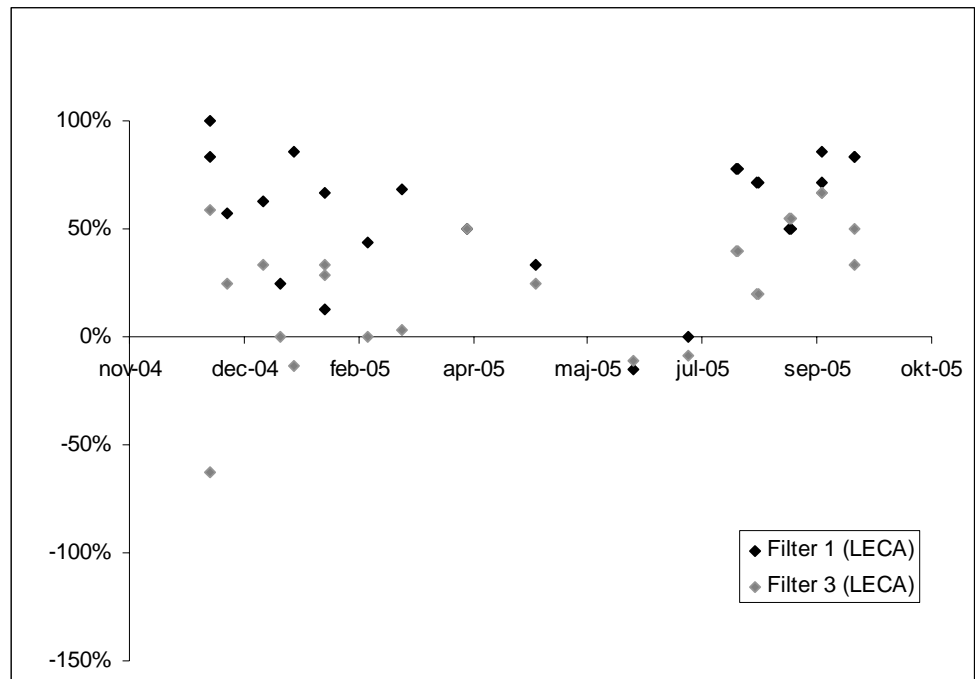


Figur 4.5 Ammoniakemissionen i afkastluften fra stalden i hele forsøgsperioden. Kanal 1 og 2 er stedet for prøveudtagningen fra de 2 stalddsektioner.

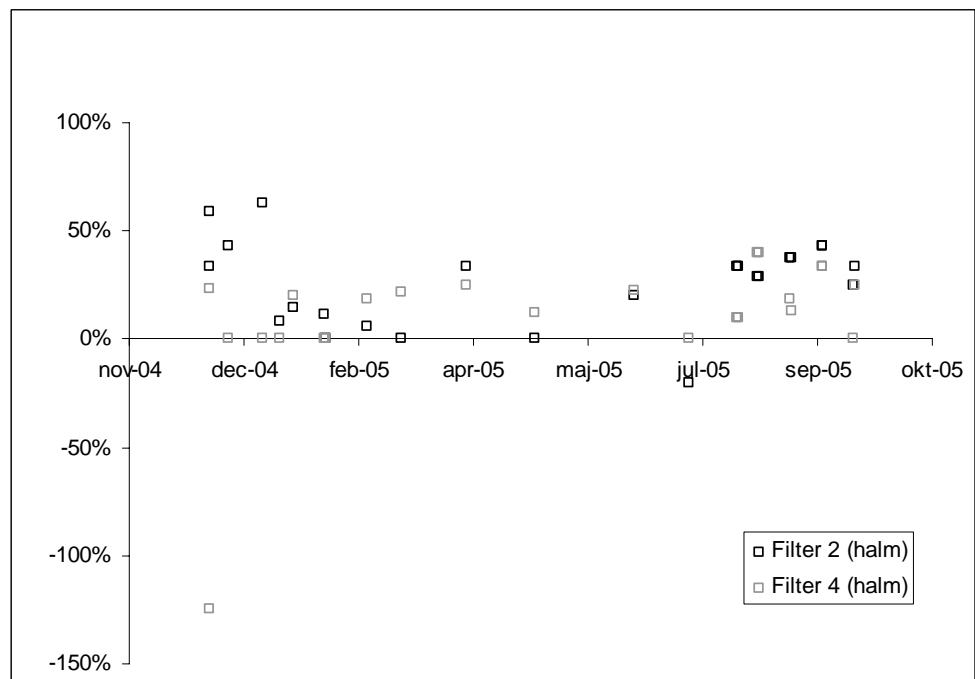
Tabel 4.2 Den gennemsnitlige ammoniakreduktion for de enkelte filterenheder. Opgørelsen er foretaget over resultaterne i sommerperioden.

Filterenhed	Gennemsnitlig renseeffekt	95% konfidensinterval
LECA filter 1.	72 %	63-81
Halm filter 2.	34 %	25-43
LECA filter 3	45 %	35-54
Halm filter 4	22 %	13-31

Ammoniakreduktionen i sommerperioden (med et nyt befugtningsystem) var således signifikant højere for LECA filtrene, mens halmfiltrenes effekt var overraskende lav. I figur 4.6 og 4.7 er ammoniakreduktionen over hele forsøgsperioden vist.



Figur 4.6 Rensningseffekten for ammoniak i forsøgsperioden for fil tre med LECA. Beregningerne er foretaget på målinger udført med Kitagawerør.

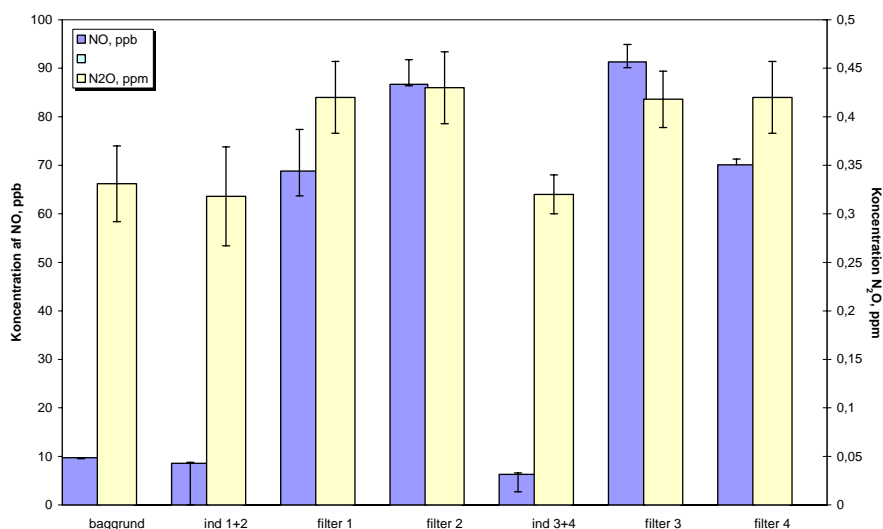


Figur 4.7 Rensningseffekten for ammoniak i forsøgsperioden for fil tre med Halm. Beregningerne er foretaget på målinger udført med Kitagawerør.

4.8 Produktion af NO og N₂O (lattergas)

Resultaterne fra analysen af NO og lattergas blev målt i september i alle filtrene. Resultater er fremstillet grafisk i figur 4.8. Bemærk, at resultaterne for NO er vist i ppb (parts per billion), mens latter gas er fremstillet i ppm (part per million), hvor ppb således er en faktor 1000 lavere end ppm angivelsen.

Baggrundsværdierne for NO er svagt forøget i forhold til luft i det åbne land, mens værdien for lattergas svarer til normal baggrundskoncentration i atmosfæren. Som det fremgår, er der en beskedne stigning i både NO og lattergas efter luftens passage gennem filtrene. For NO lå den gennemsnitlige forøgelse på 73 ppb for LECA og 71 ppb for halm. For lattergas var de tilsvarende tal på 0,1 ppm for begge filtertyper. Der synes ikke at være nogen entydig forskel mellem filtertyperne halm og LECA.



Figur 4.8. Koncentrationerne af NO og lattergas i henholdsvis baggrund (reference) indgangsluften til fil tret og afkastluften fra fil tret.

4.9 Kvælstofbalance over biofil tre

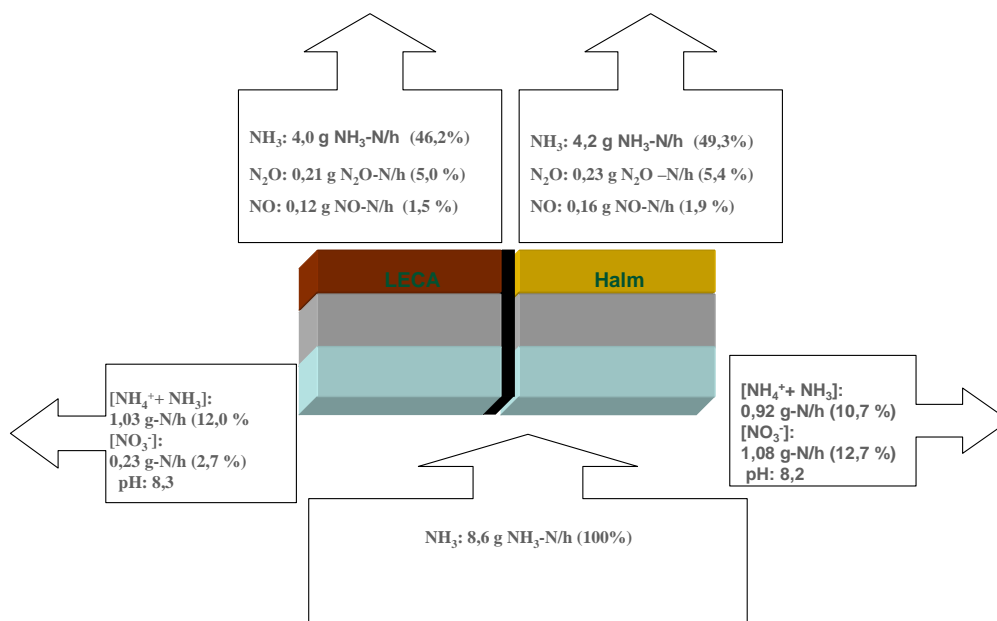
Kvælstofbalancen over filtret blev beregnet fra et døgn's on-line data på en dag, hvor ammoniakkoncentrationen var lav. Beregningen er forbundet med en række usikkerheder, og skal betragtes som et overslag.

Der var en renseseffekt for ammoniak på ca. 53,8 % for LECA, mens effekten for halmfiltret lå på 50,1 %. Koncentrationerne af produceret lattergas og NO (udregnet som N₂O-N og NO-N) lå i samme størrelsesorden for de to filtertyper. Der blev produceret i mellem 0,21 – 0,23 g N₂O-N per time for lattergas og 0,12 – 0,16 g NO-N per timer for NO. Af den tilladte mængde kvælstof i form af NH₃-N svarer det til 5,0 – 5,4 % for lattergas og 1,5 – 1,9 % for NO. En lille del af den kvælstof der ledes til filtret ender således som drivhusgasser.

Det skal påpeges, at denne beregning også kan foretages på baggrund af den tilbageholdte mængde kvælstof i filtret. Denne beregning vil give en højere procentvis produktion.

Resultaterne fra vandanalyserne viser, at en stor del af den kvælstofmængde der ledes fra stalden ender i afløbsvandet (rejectvandet). Ud fra den kvælstof, der ledes til filtret fra stalden på den pågældende dag, kan der genfindes mellem 14,7 og 23,4 % i afløbsvandet (fig. 4.9). Ud fra massebalancen på kvælstof kan der således genfindes mellem 66,9 og 80% af den totale kvælstofmængde der tilledes hhv. LECA og halmfilteret. Den resterende del,

svarende til 20 og 30 % af den tilledte mængde kvælstof, er formodentligt opsamlet i filtermaterialet.



Figur 4.9 Kvælstofbalancen over fil tret 1 og 2 er estimeret den 4. september 2005.

Lattergas figurerer som en potent drivhusgas, og har en global opvarmningseffekt der er 296 gange højere en CO₂, når dette betragtes i en 100 års tidshorisont (8). På den baggrund vil den producerede mængde lattergas, der er estimeret fra filtret, svare til en klimaeffekt på ca. 3 % af den klimaeffekt, der kan forventes fra produktionen af CO₂ fra svinestalden. Det skal påpeges at denne beregning er baseret på blot en trippelmåling, og bør således underbygges af væsentligt flere målinger. Dette har imidlertid ligget udenfor målet med denne undersøgelse.

5 Konklusioner og anbefalinger

Forsøget med filtret skal opfattes som en forsøgsopstilling, hvor de økonomiske forhold ikke kan relateres til det antal slagtesvin, der blev behandlet luft fra.

Lugtreduktionen i sommerperioden (med et nyt befugtningsystem) lå i gennemsnit på 68 og 75 % for LECA filtrene, mens halmfiltrenes effekt lå på 76 og 72%. På baggrund af tidligere resultater og erfaringer fra andre biofiltre, er de opnåede rensegrader for lugt særdeles høje, og i en størrelsesorden, der indikerer et potentiale for lugtrensning med de afprøvede materialer.

Ammoniakreduktionen i sommerperioden (med et nyt befugtningsystem) lå i gennemsnit for LECA filtrene på 72 og 45%, mens halmfiltrenes effekt lå på 34 og 22 %. Filtrene med LECA som filtermatrix havde således en god ammoniakreduktion, mens halmfiltrenes effektivitet var overraskende lav, og under det niveau, der tidligere er målt for halmfiltre.

LECA er som materiale nemmere at håndtere og er en langt mere holdbar løsning end halmfiltre. Erfaringer fra industrianlæg viser at LECA.let, som minimum kan holde i 4-5 år (personlig kommunikation med DAKA a.m.b.a.), mens erfaringerne viser at halmen skal udskiftes hvert år. LECA.let er tillige en billig løsning, der samlet giver mindre vedligeholdelse end halmfiltre. Endvidere viser resultaterne, at der kan opnås en bedre reduktion af specielt ammoniak i filtre med LECA som filtermateriale, end der kan opnås i filtre med halm.

Bioblokkene synes at have en gunstig effekt for rensningen af lugtstoffer. Effekten skyldes formodentlig, at luften fordeles bedre i filtrene, samt at der opnås en effekt gennem vandets fortætning på bioblokkenes overflader. På baggrund af den forholdsvis høje del etableringen af bioblokke udgør i det samlede budget, vil det være hensigtsmæssigt at overveje udeblivelse af disse i dette koncept. Dette skal også ses i sammenhæng med, at der i sammenligning med tidligere afprøvede halmfiltre (2) ikke opnås væsentligt forbedret effekt i halmfiltrene afprøvet i denne undersøgelse.

Opbygning af et befugtningsystem med et modtryk på 7-8 bar er ikke tilstrækkeligt til at opnå en tilstrækkelig befugtning af luften. Resultaterne har vist, at en optimal befugtning kan opnås med et modtryk på 40 – 50 bar, samtidig med etablering af dysser med små dysseåbninger.

Med en optimal befugtning blev der i en sommerperiode registret høje rensningsgrader for både ammoniak og lugt i LECA, mens halmfiltrene viste en noget lavere effekt. Målinger med MIMS indikerede, at en grund til dette var, at der i LECA kunne registres en rensning af organiske sulfider, der ellers notorisk har været svære at håndtere på grund af deres lave opløselighed i vand.

Undersøgelsen har vist, at der produceres biprodukter i form af lattergas og NO fra kvælstofomsætningen i filtret. Der blev en estimeret (et overslag) en produktion i filtret, der svarer til en procentvis emission af henholdsvis

lattergas og NO i størrelsesorden 5,0 – 5,4 % og 1,5 – 1,9 % af den tilførte kvælstofmængde.

Den producerede mængde lattergas, der er estimeret fra filtret, svare til en klimaeffekt på ca. 3 % af den klimaeffekt, der kan forventes fra produktionen af CO₂ fra svinestalden. Det skal påpeges at denne beregning er baseret på blot en trippelmåling, og bør således underbygges af væsentligt flere målinger. Dette har imidlertid ligget udenfor målet med denne undersøgelse.

Resultaterne fra vandanalyserne viser, at en del af den kvælstofmængde der ledes fra stalden blev opsamlet i afløbsvandet (rejectvandet), og at en del af det luftbårne kvælstof fra stalden dermed kan pumpes til gylletanken.

Den kvælstofmængde der ikke kan redegøres for i massebalance-beregningen findes formodentlig i filtermateriale. I halmfiltret vil dette kunne udnyttes ved at sprede materialet på marken, hvor det kan nedpløjes. Det vil være vanskeligere at udnytte den afsatte mængde kvælstof fra LECA.let, og der må således forventes et kvælstoftab ved bortskaffelse af LECA.let. Dog vil en del af LECA.let forventeligt kunne udnyttes som flydelag på gylletanken eller regenereres ved forbrænding. Sidstnævnte vil formodentlig være forbundet med dannelse af NO_x-gasser fra den afsatte kvælstof.

På baggrund af resultaterne kan videreudvikling af filtre opbygget med LECA som filtermateriale anbefales i sammenligning med halm som filtermateriale. I denne anbefaling skal bortskaffelse af LECA.let indeholdende en afsat mængde kvælstof imidlertid betragtes, idet dette ikke umiddelbart kan anvendes på marken, som det eksempelvis vil være muligt med halm.

Filtrene vil kunne fungere som fladefiltre, og vil med den nuværende viden og med baggrund i tyske erfaringer (2) kunne markedsføres og etableres. Filtrene vil imidlertid stadig være plads- og arbejdskrævende, og der bør stadig arbejdes videre med konceptet hen mod løsninger, hvor LECA.let eventuelt indbygges som materiale i opretstående filtre.

6 Referencer

- (1) Halmfilters effekt overfor ammoniak- og lugtemission fra slagtesvinestald - afsluttet farmtest 2005. Dansk Landbrugsrådgivning
- (2) Reduktion af lugt og ammoniak med Oldenburg Biofilter, Agrofilter GmbH Dansk Svineproduktion, Meddelelse nr. 727
- (3) Bjarne Langdahl Riis og andre 2005. Biologisk Lugtrensning på DAKA i Løsning. BioCenter Østjylland
- (4) Plätzer, M. 2001. Untersuchungen zur Emissionsminderung an Schweineställen durch Biofilteranlagen der Agrofilter GmbH. TÜV Nord Gruppe. Auftraggeber: Agrofilter GmbH
- (5) Agrofilter GmbH <http://agrofilter.de/produkte/biofilter/biofilter.htm>
- (6) Wilderer, P. A., and W. G. Characklis; 1989. Structure and function of biofilms In: W. G. Characklis and P. A. Wilderer (Eds.) Structure and Function of Biofilms John Wiley and Sons New York, NY, pp. 5-17
- (6) Dansk Standard (2003): Luftundersøgelse – Bestemmelse af lugtkoncentration ved brug af dynamisk olfaktometri. DS/EN 13725:2003
- (7) Anders Feilberg 2005. Fjernelse af lugt og ammoniak fra svinestald ved hjælp af Oldenburg halmfilter – måling af filtereffektivitet via on-site kontinuerte målinger suppleret med laboratorieundersøgelser. Teknologisk Institut
- (8) Intergovernmental Panel on Climate Change, Global Climate Change 2001: the scientific basis. Technical summary of the Working Group I, IPCC third assessment report (TAR) <http://www.ipcc.ch/index.htm>